

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE MEDICINA MEXICALI
COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO**



**RELACIÓN ENTRE UNIDADES HOUNSFIELD CON NIVELES DE HEMOGLOBINA Y
HEMATOCRITO EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA Y ANEMIA
EN EL HOSPITAL GENERAL DE MEXICALI**

TRABAJO PARA TESIS

OBTENER DIPLOMA EN LA ESPECIALIDAD EN

IMAGENOLOGIA DIAGNOSTICA Y TERAPEUTICA

PRESENTA

DR. EDUARDO ALVARADO VASQUEZ

No. de registro 02-01-HGMXL/CEI/2024-26

Mexicali, Baja California

febrero de 2025

Dedicatoria

Esposa e Hijo

Por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos, haciendo un enorme sacrificio para poder permitir que me realice profesionalmente y como persona. Siempre esperando a que regresara a casa después de no poder verme en los días de guardia. Mi hijo, siempre con una sonrisa que alegra el día.

A mis Padres

Siempre pendientes de mí, apoyándome sin importar el momento. Sin ellos no hubiera iniciado por este arduo camino, ni mucho menos soportarlo. Infinitamente agradecido.

A mis maestros

La enseñanza impartida durante estos cuatro años son las bases con las que mi carrera profesional yace. Siempre disponibles a aclarar cualquier duda.

A mis compañeros

Agradecido por pertenecer a un grupo tan sincero, jovial y responsable. Ha sido un honor completar la residencia a su lado.

Abreviaturas

UH:	Unidades Hounsfield
TC:	Tomografía computada
Hb:	Hemoglobina
g/dL:	gramos por decilitro
FGT:	Filtrado glomerular total
ERC:	Enfermedad renal crónica
CAC.	Cociente albúmina/creatinina
mg.	miligramo
mmol:	milimol
mL/min:	mililitros por minuto
VI:	Ventrículo izquierdo

Contenido

Dedicatoria	2
Abreviaturas	3
Contenido	4
índice de tablas y gráficos	5
índice de Figuras	6
Resumen	7
1. Introducción	9
2. Marco Teórico	10
3. Antecedentes	19
4. Justificación	20
5. Planteamiento del Problema	21
6. Hipótesis y Objetivos	22
6.1. Objetivo general	22
6.2. Objetivos específicos	22
6.2. Hipótesis nula	23
6.3. Hipótesis alterna	23
7. Materiales y Métodos	24
7.1. Diseño del estudio	24
7.2. Cálculo del tamaño de muestra	25
7.3. Criterios de selección	26
7.4.1. Criterios de inclusión	26
7.4.2. Criterios de exclusión	26
7.5. Variables	27
5.5.1. Variables independientes	27
5.5.2. Variables dependientes	28
5.5.3. Covariables	29
7.6. Consideraciones éticas	30
8. Resultados	31
9. Discusión	42
10 Conclusión	44
11. Bibliografía	45
12. Anexos	49

Índice de Tablas y gráficos

Grafica 1. Genero del paciente en porcentajes.	31
Grafica 2. Distribución de grupos de edad y género.	31
Grafica 3. Grados de enfermedad renal crónica.	32
Gráfica 4: Grados de anemia.	32
Grafica 5. Niveles de hemoglobina	33
Grafica 6. Niveles de hematocrito	33
Grafica 7. distribución de unidades Hounsfield en el lumen aórtico	34
Grafica 8. Distribución de las unidades Hounsfield en el lumen del ventrículo izquierdo	34
Grafica 9. distribución de las unidades Hounsfield de la aorta descendente	35
Grafica 10. Porcentajes de pacientes con signo del anillo aórtico hiperdenso	35
Grafica 11. Porcentajes de pacientes con el signo del septum interventricular hiperdenso	36
Grafica 12. Comorbilidades en los pacientes estudiados	36
Grafica 13. Tabaquismo en los pacientes estudiados	37
Grafica 14. Presencia de alcoholismo en los pacientes estudiados	37
Grafica 15. Motivo de hospitalización	38
Grafica 16. Distribución de unidades Hounsfield dentro del ventrículo izquierdo y con respecto a la hemoglobina.	38
Grafica 17. Distribución de unidades Hounsfield dentro del ventrículo izquierdo y con respecto al hematocrito	39
Grafica 18. Scatter plot comparando unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico y el nivel de hemoglobina	39
Grafica 19. Scatter plot comparando unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico y el nivel de hematocrito	40
Tabla 1. Coeficiente de Pearson correspondiente a hematocrito con respecto a unidades Hounsfield intraventricular	40
Tabla 2. Coeficiente de Pearson correspondiente a hemoglobina con respecto a unidades Hounsfield intraventricular	41

Tabla 3. Correlación de Spearman de la hemoglobina con unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico.	41
Tabla 4. Correlación de Spearman del hematocrito con unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico.	41

Índice de figuras

Figura 1. Signo de anillo aórtico	11
Figura 2. Signo del septum interventricular hiperdenso	13
Figura 3. Densidad tomada en Prensa de Herófilo	14
Figura 4. TC Simple de cráneo a nivel de la prensa de Herófilo en paciente con anemia y sin anemia	14

Resumen

Introducción: Las unidades Hounsfield es una escala para delimitar la densidad de un tejido en un estudio de tomografía. La hemoglobina es uno de los materiales mas densos dentro del cuerpo humano y se identifica predominantemente en el espacio endovascular. Los pacientes con enfermedad renal crónica muestran una elevada incidencia de anemia, disminuyendo la concentración de hemoglobina.

Objetivo: Determinar una relación entre unidades Hounsfield con niveles de hemoglobina y hematocrito en pacientes con enfermedad renal crónica y anemia en el hospital general de Mexicali

Material y Métodos: El diseño estudio, será tipo observacional, analítico, prospectivo, descriptivo de asociación cruzada en pacientes mayores de edad que cuenten con los diagnósticos de anemia y enfermedad renal crónica hospitalizados en el hospital general de Mexicali. Se realizará una tomografía computada de tórax en fase simple y se verificará el resultado de una biometría hemática en su expediente electrónico, previamente autorizado con el consentimiento informado durante el periodo de noviembre 2024 - enero del 2025. Se incluirán variables sociodemográficas como: edad, género, antecedentes (tiempo de evolución con diagnóstico de enfermedad renal crónica y comorbilidades) y laboratorios (cuantificación de hemoglobina y hematocrito). Para la correlación de las características tomográficas con los niveles de hemoglobina y hematocrito se realizará una correlación de Spearman.

Resultados: Se estudiaron 31 pacientes, siendo el 58% masculinos y con edad media de 51.2 años. La densidad del lumen aórtico mostro una correlación significativa de 0.4 por coeficiente de Spearman. De igual manera presento una relación positiva con los niveles de hemoglobina y hematocrito

Conclusiones: Existe una relación entre unidades Hounsfield con niveles de hemoglobina y hematocrito en pacientes con enfermedad renal crónica y anemia.

Palabras clave: unidades Hounsfield, hemoglobina, hematocrito, enfermedad renal crónica

Introducción

La anemia es una condición en la cual el número de eritrocitos disminuye o la concentración de hemoglobina es inferior a lo normal, siendo un cuadro de origen multifactorial y es un problema de salud pública a nivel mundial¹. Los pacientes con el diagnóstico de enfermedad renal crónica (ERC) progresaron a desarrollar anemia como parte de la evolución natural de la enfermedad. Esto conlleva a complicaciones en mediano y largo plazo, deterioro cognitivo, aumento de riesgo en enfermedad cardiovascular y mortalidad, teniendo una correlación directa con una tasa elevada de admisiones hospitalarias.

La tomografía computada es un estudio de gabinete ampliamente disponible en unidades médicas de segundo nivel. Funciona al utilizar radiación ionizante mediante la utilización de fotones las cuales son detectadas por el mismo equipo, comparando la densidad de los materiales que se encuentren en estudio. La densidad puede ser cuantificada mediante la escala de unidades Hounsfield, la cual es aceptada internacionalmente como una medida confiable para la interpretación de estudios médicos. La hemoglobina, una glicoproteína vital para la captación de oxígeno, al poseer con una concentrada cantidad de material férrico cuenta presenta una densidad alrededor de las 60 unidades Hounsfield en pacientes sanos; solamente por debajo de hueso y metal. Los niveles fluctuantes en hemoglobina de los pacientes se traducen en una variabilidad del lumen intraaórtico al compararlos con los tejidos adyacentes. Por ende, es factible sospechar que exista una relación directa entre la cantidad de hemoglobina y las unidades Hounsfield detectables que nos otorga el tomógrafo.

Esta variabilidad sugiere una estrecha correlación entre la concentración sérica de hemoglobina y las unidades Hounsfield obtenidas en el espacio intraluminal de un vaso sanguíneo.

Marco teórico

La enfermedad renal crónica (ERC) es una patología de etiología multifactorial que altera la morfología y función renal de manera irreversible. Estos cambios pueden resultar de un insulto agudo o en la mayoría de las ocasiones siendo una complicación de enfermedades crónicas subyacentes. El proceso por el cual se desarrolla esta patología puede involucrar cualquier segmento de la nefrona que conduce a una inadecuada filtración de la orina.

La manifestación patológica final más común es fibrosis renal, que representa una reparación no exitosa del tejido renal tras lesión crónica y sostenida; y se caracteriza por glomeruloesclerosis, atrofia tubular y fibrosis intersticial. La glomeruloesclerosis es llevada a cabo por daño endotelial, proliferación de células de músculo liso, así como de células mesangiales, acompañado de la destrucción de podocitos que regularmente recubren la membrana basal glomerular. La atrofia tubular, fibrosis intersticial y cicatrización han sido íntimamente asociados a la tasa de filtrado glomerular y proteinuria. Las células tubulares epiteliales son estimuladas para sintetizar productos inflamatorios gracias a proteínas urinarias los cuales han sido filtradas de forma anormal los cuales interaccionan con miofibroblastos intersticiales. Mediante la fibrosis aumenta, el epitelio tubular pierde sus capacidades regenerativas y optan por iniciar apoptosis que inevitablemente resulta en atrofia tubular y la formación de glomérulos no funcionales.²⁸ El diagnóstico de enfermedad renal crónica se define como filtrado glomerular menor a 60 mL/min/1.73m² o marcadores de daño renal, por una duración de al menos 3 meses independiente de la causa

En la mayoría de los casos la evolución de la ERC es gradual, por lo que la acumulación de metabolitos no es siempre evidente durante sus primeras etapas. Sin embargo, conforme el filtrado disminuye de forma sustancial, los aparatos y sistemas del cuerpo se verán afectados. Dada esta razón una cantidad considerable de pacientes que inician con este padecimiento no son detectados hasta incluso meses posterior debido al tamizaje de enfermedades crónico-

degenerativas o hasta que la sintomatología obligue un estudio más a fondo. Dentro de la progresión natural de la enfermedad se encuentra un componente clave vinculado a la morbi-mortalidad en esta población, la disminución de la eritropoyetina. Se trata de una hormona involucrada en la producción de eritropoyetina (eritropoyesis) producida principalmente en la corteza renal, y es el principal encargado de la producción y diferenciación de los eritrocitos. La disminución en la oxigenación tisular obliga su producción, progresando a un proceso denominado anemia. La severidad de este se vincula a afección multisistémica que está íntimamente relacionado al pronóstico del paciente.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, la incidencia de anemia ha alcanzado un número global de hasta 2.36 billones de personas, la mayoría de estos presentando manifestaciones clínicas como actividad física alterada, disminución en la calidad de vida y un importante aumento en la mortalidad.⁹ El consenso general en la mayoría de las instituciones de salud a nivel mundial, así como en la organización mundial de la salud es que la anemia se define como una concentración de hemoglobina (Hb) menor a 13 g/dL en masculinos y menor a 12 g/dL en mujeres premenopáusicas. Existen escasas excepciones como lo es el embarazo, cuando el descenso de este se encuentra permitido, denominado como "anemia fisiológica". Es ampliamente reconocido que el hecho de presentar anemia en enfermedades crónico-degenerativas empeora el pronóstico de manera así como la calidad de vida de manera drástica.²⁰ Los pacientes con ERC inevitablemente desarrollará anemia, siendo estipulado por la progresión natural de la enfermedad, siendo este normocítica normocrómica, tipo hipoproliferativa. Este desorden puede presentarse inconsistentemente cuando el filtrado glomerular es menor a 80, pero la gran mayoría de los pacientes que se encuentren por debajo de 60 desarrollaran anemia.³²

El proceso por el cual estos pacientes cursan con anemia es secundario a una disminución gradual pero marcada en la producción de eritropoyetina, una glicoproteína secretada principalmente por las células endoteliales peritubulares,

que se encuentran ubicadas en la corteza renal. Su función se basa en estimular la formación de eritrocitos (línea roja) y demás líneas celulares (eritropoyesis) en la médula ósea. El sitio diana en los cuales este actúa son: células progenitoras mieloides comunes, células progenitoras de megacariocitos/eritrocitos y células progenitoras monopotenciales. Como todos los procesos en el cuerpo, contamos con mecanismos reguladores que de manera fisiológica disminuyen su producción, pero que en población susceptibles a desarrollar anemia condicionan que este proceso se acelere y agrave. Un ejemplo prevalente siendo la creación de inhibidores de eritropoyesis inducido por uremia y una disminución en la vida media del eritrocito. Si agregamos las deficiencias nutricionales como la de vitamina B12 y folatos este proceso se acelera, y puede ser detrimental en pacientes que no adquieran un diagnóstico en tiempo y forma. El aparato gastrointestinal tiene procesos compensatorios como el aumento de absorción del hierro; sin embargo, la presencia de sangrado de tubo digestivo y el exceso de hepcidina sobrepasan la capacidad del organismo para mantener una homeostasis.³² Considerando estos mecanismos, el abordaje nutricional es imperativo para mantener un control estricto de los niveles de hemoglobina.

Dado a que los pacientes con ERC presentan múltiples complicaciones que son consideradas de urgencia graves o con sintomatología muy agresiva, la detección de anemia suele pasar a segundo plano por los médicos de primer contacto. Aunque este último no representa una elevación en la tasa de readmisión hospitalaria, existe evidencia de un mayor riesgo de mortalidad a los 3 meses en pacientes que sufren anemia grado II y III. Estos hallazgos son de mayor relevancia en la población geriátrica.²¹ Los médicos radiólogos tienen la capacidad de aportar información y documentar la severidad del cuadro clínico con datos indirectos, ayudando no solo con la evaluación médica en el momento, pero como documento medicolegal en caso de presentar complicaciones no previstas.

La Tomografía Computada (TC) sin contraste ha sido sorprendentemente efectiva para encontrar datos de anemia ya que existen hallazgos observacionales

subjetivas y mediciones cualitativas que son universalmente conocidos por médicos radiólogos.⁴ La gran ventaja de este estudio es la alta reproducibilidad, requiriendo un tomógrafo de 16 cortes, realizando estudios con 120 kilovatios, 180-450 miliamperios, con cortes de 1 mm en grosor.¹⁵ Estos parámetros son relativamente accesibles tanto para instituciones públicas como privadas.

Las Unidades Hounsfield (UH) han sido una herramienta notablemente útil y longeva en la historia completa de la tomografía. Los parámetros usados oscilan entre -1000 y 1000, asignado por la computadora para representar la diferencia en atenuación de rayos X entre un material y agua (dónde aire es -1000 y agua representa 0). Este número es utilizado por la computadora para asignar una sombra en escala de grises, para representar la imagen. La resolución de contraste exquisita permite detectar diferencias en contraste menor a 5.¹⁷ Esta precisión permite una gran ventaja de ser un descriptor clínico aceptado internacionalmente, el cual es vital para cumplir criterios diagnósticos y contar con validez entre diferentes instituciones.¹² Conforme la tecnología avance los equipos tomográficos contarán con una mayor capacidad para diagnósticos más precisos y definitivos, como lo es en el caso de imágenes virtuales no contrastadas con el que se intenta hacer una comparación más distinguida entre tejidos sin necesidad de utilizar contraste.²⁴

La atenuación de sangre se asocia a la concentración de eritrocitos y la fracción proteica de la hemoglobina, ambos conllevan a masa de alta densidad.¹ Por un lado, la diferencia en densidades entre dos materiales crea una interfase el cual permite destacar el fin de una estructura con el inicio de otra. Este es el caso con el denominado signo del "anillo aórtico" que presenta disminución en la atenuación al interior del vaso y hace más evidente el contraste entre la pared de la aorta y el contenido de su luz. Habitualmente la pared de la aorta y la sangre son isodensas una con la otra, observándose en la tomografía el vaso aórtico como un solo componente homogéneo. Estos datos sugieren que existe una correlación lineal entre el coeficiente de atenuación y los niveles de hemoglobina en la sangre.

usando esta hipótesis se han intentado crear ecuaciones predictoras para los niveles de hemoglobina.²⁷

En la mayoría de los protocolos realizados el signo del anillo aórtico es el parámetro subjetivo de elección ya que por sí solo cuenta con una sensibilidad de hasta el 84% y especificidad del 92%, con precisión del 88%. Afortunadamente se puede analizar intencionada el lumen aórtico con la herramienta de “región de interés” para medir la densidad, agregando así evidencia cualitativa. Dependiendo la bibliografía el número de corte es variable, pero una densidad menor de 35 unidades Hounsfield es factor predictivo para detectar anemia. A pesar de ser hallazgos subjetivos, se ha demostrado que la variabilidad intra e interobservador (calculado por el coeficiente de correlación intraclase), dando una mayor confianza para detectarlos e incluso darles seguimiento.^{6,18} La combinación de los hallazgos subjetivos y objetivos cuentan con una especificidad que se aproxima al 100%²⁴.

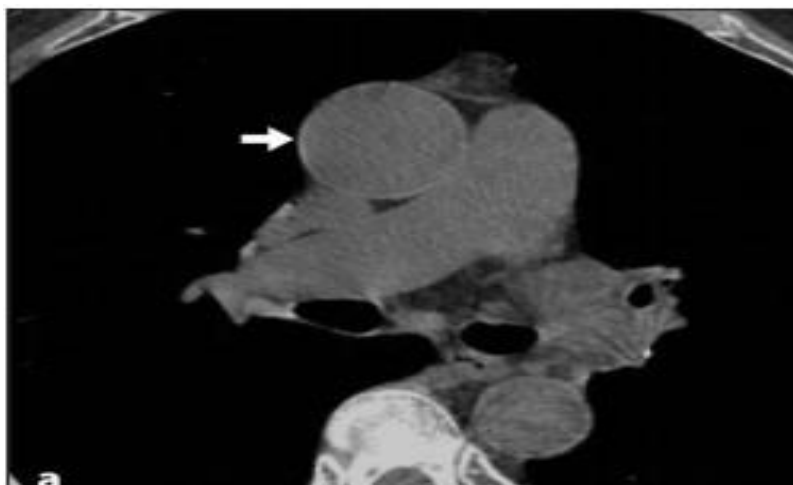


Figura 1. TC simple con ventana de mediastino corte axial a nivel de la aorta ascendente muestra de paciente masculino de 74 años con anemia leve. Se documenta hipodensidad del lumen intravascular en comparación con la pared aórtica, traduciéndose en el signo de anillo aórtico (flecha).¹⁴

Históricamente la búsqueda de datos de anemia por tomografía inició en 1981 por Doppman y colaboradores, evaluando el tórax no contrastado, siendo un pionero para la detección de los signos más fidedignos por este método de estudio: (1) septum interventricular y (2) Pared aorta descendente. En pacientes con disección aórtica documentaron cómo es posible observar una variabilidad en unidades Hounsfield en ambos lúmenes adyacentes divididos únicamente por un “flap intimal” o la pared íntima lesionada en la aorta ¹². Con el avance de la tecnología y el conocimiento obtenido con el paso de los años, estos han evolucionado hasta lograr correlacionar los hallazgos por imagen con la progresión de enfermedades en las que previamente solamente se estudiaban con clínica y laboratorios. En la última década, por ejemplo, el enfoque primordial ha sido relacionar este hallazgo con los niveles de hemoglobina; dejando de lado otros parámetros como el hematocrito el cual en caso de descenso puede ocasionar anemia normocítica normocrómica. Sin embargo, en un estudio prospectivo en pacientes con sangrado de tubo digestivo, encontramos que el nivel de hematocrito menor a 18.4% se correlacionó a una mayor detección de hallazgos tomográficos. ¹

Con la integración en la mayoría de los hospitales de tomografías computadas con multidetectores, particularmente con 64 o más detectores, se ha mejorado la resolución temporal, permitiendo la adquisición de vóxeles isotrópicos. Con este moderno equipo el corazón y las arterias coronarias son visualizadas de manera rutinaria como información libre de movimiento. Una gama de técnicas en postproceso como lo son reformateo multiplanar, proyección de máxima intensidad, renderización de volúmenes, reformateo curvo e imagen en cine: permiten una valoración no invasiva de cada aspecto en el sistema cardiovascular. Dicha capacidad requiere una comprensión completa de la anatomía cardiaca y arteria coronaria.⁵

Existen hallazgos similares que nos puede entregar la tomografía como la hipoatenuación del septum interventricular contra la hipoatenuación de la cámara el ventrículo izquierdo, conocido como el “signo del septum interventricular”. Estos hallazgos son cualitativos, dependiente del radiólogo y su experiencia.^{19,27} Se han hecho intentos para encontrar una fórmula que pueda calcular un estimado de la hemoglobina sérica en

base a las unidades Hounsfield; sin embargo, aún no se cuenta con un consenso entre radiólogos hacia la fórmula y el sitio donde colocar la región de interés, llevando a resultados mixtos.

En los casos de urgencia, como lo es el embolismo pulmonar, en el cual la tasa de mortalidad aumenta significativamente en quienes presentan anemia como comorbilidad.⁶ Se trata de eventos especiales cuando los hallazgos rápidamente visibles en un estudio tomográfico de urgencia orientan a la severidad en el cuadro del paciente.

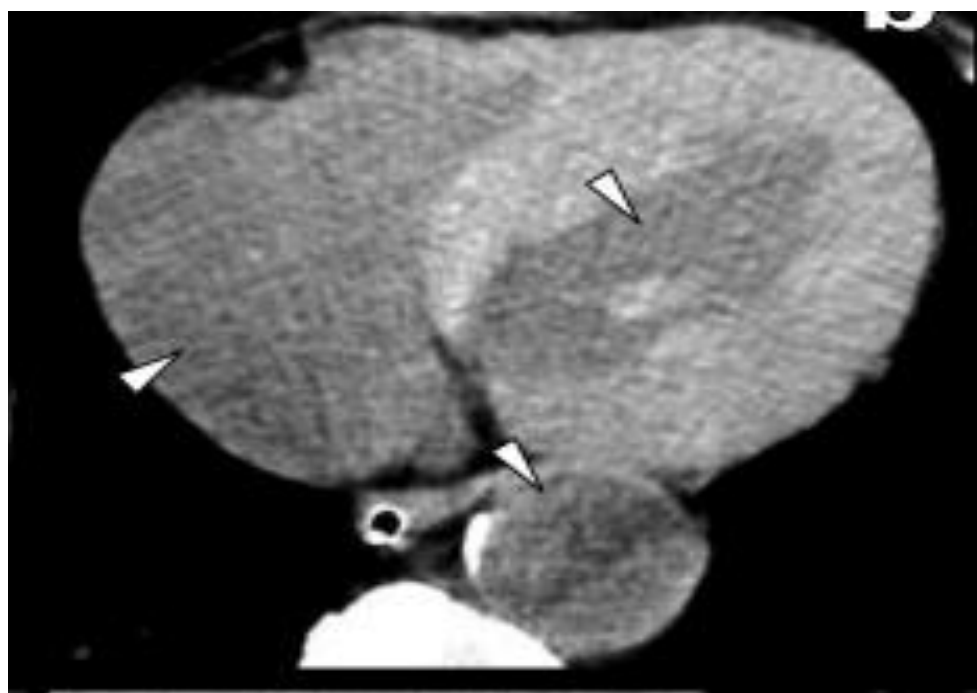


Figura 2. Tomografía en fase simple con ventana de mediastino a nivel del corazón. Se observa como el lumen del ventrículo izquierdo es marcadamente hipodenso en comparación con el miocardio y del septum interventricular. Este hallazgo se denomina signo del septum interventricular hiperdenso (25-30 UH) dentro de las cavidades cardiacas y aorta (puntas de flechas blancas).¹

En los servicios de urgencias podemos encontrar población en el que se realiza un estudio de imagen, siendo el más común una tomografía de cráneo, quienes no se acompañan de estudios de laboratorio a pesar de que un nivel bajo de hemoglobina puede asociarse a múltiples anormalidades neurológicas. Actualmente la tomografía computada del cerebro se realiza como estudio inicial para la mayoría de los pacientes con síntomas neurológicos y psicológicos. Sin embargo, en algunos de estos pacientes no se aprecian hallazgos que expliquen los signos y síntomas. Una de las condiciones en los que se presentan síntomas neurológicos es la anemia, siendo la afección hematológica más común, afectando hasta el 30% de la población mundial.³ Se ha documentado una correlación estrecha entre el nivel de hemoglobina con la atenuación de la prensa de Herófilo y sus confluencias.²⁶ incluso se han descrito límites cuantitativos por el cual se puede sugerir anemia, el de mayor prevalencia siendo una densidad inferior de 42.3 unidades Hounsfield como dato predictivo de concentración de hemoglobina inferior a 10.²² El concepto de “hemoconcentración” o niveles elevados de hemoglobina o hematocrito llevando a un incremento en la atenuación radiográfica dentro de la vasculatura es ampliamente aceptado. A pesar de esto, la correlación entre este con la clínica de los pacientes no se ha establecido de manera contundente.⁸

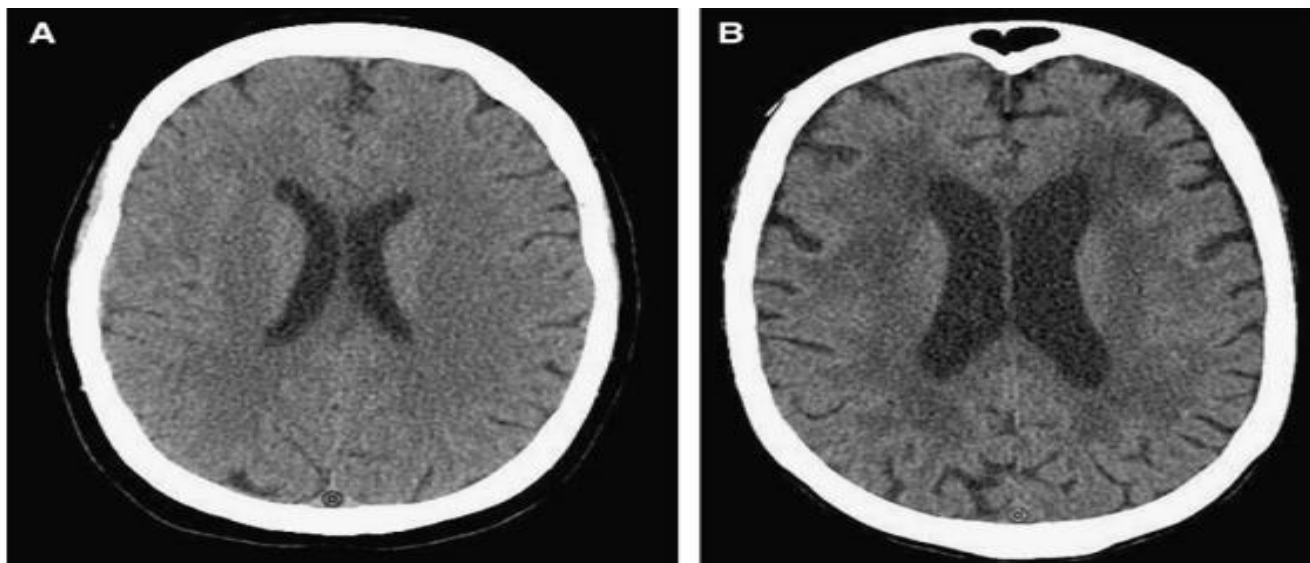


Figura 3. Tomografías de cráneo en fase simple con foco de interés en prensa de Herófilo muestra (A) densidad esperada en un paciente sin anemia. (B) aspecto heterogéneo e hipodenso en comparación con la primera, esto como dato indirecto de anemia.²⁶

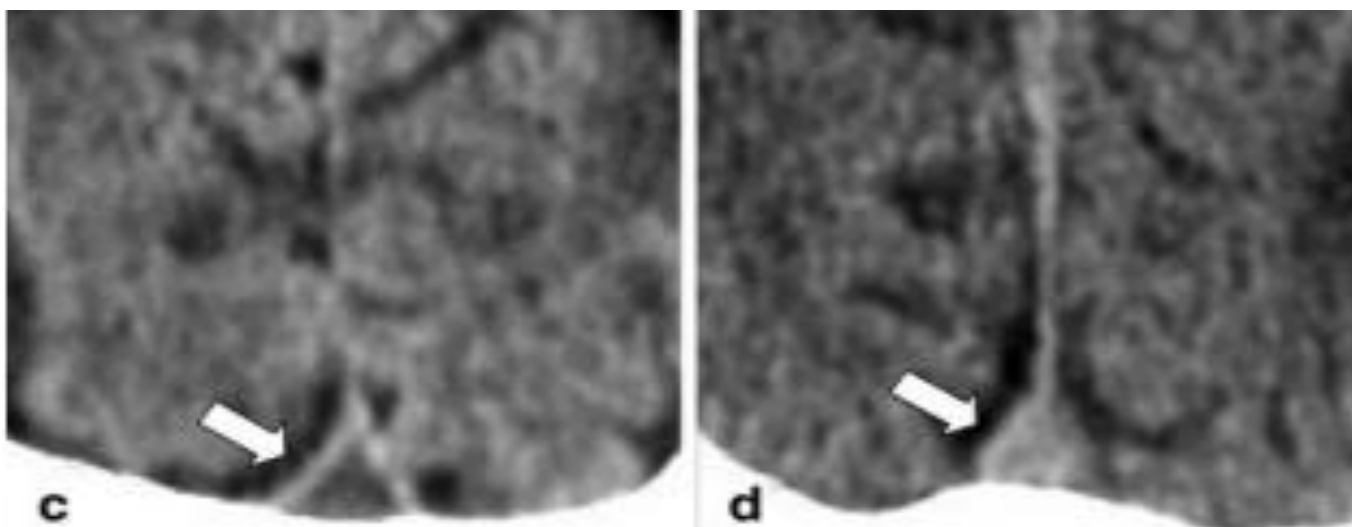


Figura 4. TC simple de cráneo a nivel de la prensa de Herófilo (A) en paciente en admisión con Hb de 3.4 g/dl y descenso de hematocrito en comparación con resultados previos. (D) Estudio obtenido 1 año previo, el paciente no se encontraba anémico. ¹⁵

Antecedentes

La enfermedad renal crónica es una enfermedad prevalente el cual afecta entre el 10-15% de la población global adulta,³⁰ con etiología multifactorial, de origen congénito o adquirido, y una fisiopatología que puede originar en el riñón en sí o por causas pre o postrenales. En Estados Unidos la hipertensión arterial y diabetes mellitus son las primeras causas de enfermedad renal crónica, los cuales abarcan 3 de cada 4 casos que se presentan actualmente. Las estadísticas demuestran la gran carga que conlleva tanto económica como administrativa, y el cual requiere un manejo multidisciplinario y equipo especializado. En 2019 los beneficiarios de Medicare que sufren enfermedad renal crónica llevaron a un costo de 87.2 billones de dólares.³¹ Debido a las altas tasas de morbi-mortalidad que estos pacientes presentan la elevación de los costos es inevitable.

La definición y clasificación de ERC ha evolucionado con el tiempo, actualmente utilizando un filtrado glomerular menor de 60 mL/min/1,73m², o marcadores de lesión renal, o ambas, con al menos 3 meses en duración, sin importar la causa subyacente. Existen otros marcadores incluyen un cociente albúmina/creatinina (CAC) $\geq 1,1$ mg/mmol que son utilizados como predictores independientes del riesgo de mortalidad en población general.²⁹ La historia natural de la enfermedad cuenta con múltiples complicaciones dependiente de la agresividad con la que disminuye la tasa de filtrado glomerular y la cronicidad con el cual este se presente. El desenlace de estos pacientes suele ser desfavorable a largo plazo a pesar del manejo médico estricto. Entre las múltiples complicaciones documentadas, la anemia se asocia frecuentemente a pronósticos desfavorables y mortalidad alta.³² A pesar de que la anemia es una de las comorbilidades más frecuentemente asociado en este grupo de pacientes, muchos de estos llegan a presentarlo durante periodos prolongados de tiempo previo a su detección.

La TC fue creada en 1971 con fines médicos y se ha demostrado históricamente su eficacia al permitir distinguir entre diferentes tejidos y materiales. Cuando la región de interés es una colección o un hematoma se puede diferenciar adecuadamente por el promedio en densidad que este contiene, ya que la sangre al contener material férrico contrasta con cualquier otro material que se encuentre adyacente.¹

Justificación

La enfermedad renal crónica es una entidad que surge como complicación, comúnmente de diabetes mellitus e hipertensión arterial, ambos siendo las enfermedades crónico-degenerativas con mayor prevalencia en nuestro país. Conforme la enfermedad progresa se presenta un aumento en los cuidados necesarios, que conlleva a un aumento el estrés administrativo y económico para las instituciones y el paciente/cuidador.

Dentro de la progresión natural de la enfermedad se encuentra la anemia como una de las complicaciones más esperadas en estos pacientes. Este se ha descrito como un descenso en hemoglobina y/o hematocrito y es un factor conocido de morbi-mortalidad en este grupo de pacientes. El método de elección para su detección es por laboratorio mediante una biometría hemática por su bajo costo, sensibilidad y disponibilidad; sin embargo, como la mayoría de las afecciones el abordaje de un paciente puede ser multimodal. Un ejemplo de esto es el uso protocolizado de ultrasonido renal en los casos que el paciente presenta lesión renal pero no se tenga claro si este es debido a un evento agudo o si los riñones presentan cambios morfológicos crónicos. De manera similar la tomografía puede detectar pacientes que presentan signos de anemia, permitiendo al médico radiólogo comentar al tratante de la sospecha, estos siendo mayor importancia en casos que no se cuente con biometría hemática reciente o no esté disponible este material.

La TC es un estudio de imagen disponible en la mayoría de las instituciones de segundo nivel que permite visualizar el contraste en densidades entre tejidos, permitiendo diferenciar entre sangre y tejidos blandos. El rango de densidades para sangre se encuentra establecido, al disminuir la cantidad de hemoglobina dentro de la luz vascular se verá reflejado en la escala de grises establecido por unidades Hounsfield. Este hallazgo permite al médico radiólogo detectar alteraciones incluso antes de ser clínicamente evidentes, además de comentar la gravedad con la que se encuentra el paciente.

Los resultados de este estudio aportarán conocimientos sobre el valor de los estudios de imagen en padecimientos que previamente eran valorados por clínica y laboratorios exclusivamente. Esta línea de investigación tiene como finalidad una correlación radiológica-laboratorial objetivo, no sólo detectando anemia sino incluso estimando la severidad de esta. La utilidad de estos resultados contribuirá a pacientes con sintomatología inespecífica como lo es en casos de disnea o pérdida de peso de larga evolución o pacientes con monitoreo clínico y que no cuenten con biometría hemática reciente, entre otros. Las ramificaciones de este protocolo pueden incluso extenderse a pacientes oncológicos o de urgencias con múltiples afecciones. Con el apoyo de nuestro departamento de enseñanza, así como el del Hospital General de Mexicali será posible innovar el papel del servicio de imagen para una valoración más amplia de los pacientes.

Planteamiento del problema

La presencia de anemia en pacientes con ERC se encuentra íntimamente relacionado con la morbi-mortalidad, haciendo su detección una prioridad para el manejo íntegro de esta población. Actualmente son pocos los estudios en los que se ha investigado la utilidad de métodos de imagen en relación con los parámetros laboratoriales, por lo tanto, investigar su relación, así como su asociación con factores sociodemográficos es importante y beneficioso para la institución ya que una exploración radiológica es capaz de aportar información rápida y objetiva.

Pregunta de investigación

¿Existe una relación entre unidades Hounsfield con los niveles de hemoglobina y hematocrito en pacientes con enfermedad renal crónica y anemia en el Hospital General de Mexicali?

Objetivos

Objetivo general

- Encontrar una relación con las unidades Hounsfield en tomografía de tórax con la cuantificación de hemoglobina y hematocrito en pacientes con enfermedad renal crónica que padecen anemia con el fin de contar con valores de corte para su detección.

Objetivos específicos

- Medir unidades Hounsfield del lumen vascular de la aorta descendente en pacientes que presentan imágenes tomográficas de anemia.
- Determinar la distribución de las características sociodemográficas de los pacientes.
- Obtener los niveles de Hb y Hto de los pacientes sometidos a tomografía de tórax.
- Asociar la densidad (UH) con los niveles de Hb.
- Medir unidades Hounsfield del lumen del ventrículo izquierdo en pacientes que presentan imágenes tomográficas de anemia.
- Delimitar a partir de que valoren densidad Hounsfield pueda relacionarse con la presencia de anemia.
- Relacionar la severidad de anemia con los resultados obtenidos mediante unidades Hounsfield.

Hipótesis

Hipótesis alternativa

- Existe relación entre las unidades Hounsfield obtenidas por tomografía de tórax con la cuantificación de hemoglobina en pacientes con enfermedad renal crónica que padecen anemia

Hipótesis Nula

- No existe relación entre las unidades Hounsfield obtenidas por tomografía de tórax con la cuantificación de hemoglobina en pacientes con enfermedad renal crónica que padecen anemia

Material y métodos

El diseño estudio, será tipo observacional, analítico, prospectivo, descriptivo de asociación cruzada en pacientes mayores de edad que cuenten con los diagnósticos de anemia y enfermedad renal crónica hospitalizados en el hospital general de Mexicali. Se realizará una tomografía computada de tórax en fase simple y se verificará el resultado de una biometría hemática en su expediente electrónico, previamente autorizado con el consentimiento informado durante el periodo de noviembre 2024 - enero del 2025. Se incluirán variables sociodemográficas como: edad, género, antecedentes (tiempo de evolución con diagnóstico de enfermedad renal crónica y comorbilidades) y laboratorios (cuantificación de hemoglobina y hematocrito). Para la correlación de las características tomográficas con los niveles de hemoglobina y hematocrito se realizará una correlación de Spearman.

Muestreo y determinación del tamaño de muestra

El tipo de muestreo empleado en esta investigación es un muestreo aleatorio simple con una confianza del 95%, el cual se basa en la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N Z_{\alpha/2}^2 p (1 - p)}{N\delta^2 + Z_{\alpha/2}^2 p (1 - p)}$$

n: 31 pacientes

Se incluyen a todos los pacientes mayores de edad hospitalizados en el Hospital General de Mexicali que sufran de ERC y anemia, que acepten participar en el estudio y cumplan los criterios de selección hasta completar el tamaño de muestra obtenido. Se tomarán en cuenta las comorbilidades que sufran y medicamentos que tomen al momento del estudio. Se excluirán aquellos pacientes que no presentan biometría hemática reciente y los que no cuentan con consentimiento firmado. Los pacientes podrán retirarse del consenso a lo largo de todo el estudio si así lo desean.

Criterios de selección

Criterios de inclusión

- Pacientes mayores de 18 años hospitalizados en el Hospital General de Mexicali
- Pacientes hospitalizados con el diagnóstico de enfermedad renal crónica
- Pacientes que cuenten con resultado de biometría hemática 24 horas antes o después de la tomografía
- Pacientes con solicitud para realizar tomografía computada de tórax

Criterios de exclusión

- Pacientes que se encuentran hemodinámicamente inestables para la realización de estudio tomográfico
- Pacientes que no cuenten con resultados de biometría hemática
- Pacientes que no quieran participar en el estudio
- Pacientes con importante aterosclerosis de la aorta descendente que imposibilite ver la pared vascular
- Pacientes con cualquier tipo de sangrado activo o durante los últimos 30 días
- Pacientes que presenten patología propia la morfología del corazón y pared vascular de la aorta torácica

Cuadro de definición de variables

Variables independientes

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de Medición
Anemia	Enfermedad en la que el número de glóbulos rojos, o la concentración de hemoglobina es inferior a lo normal	Hemoglobina inferior a 13 g/dL en hombres y 12 g/dL en mujeres	Cualitativa dicotómica	1. Si 2. No
Severidad de Anemia	Severidad de la anemia de acuerdo con la clasificación propuesta por la Organización Mundial de la Salud	Severidad de la anemia de acuerdo con la clasificación propuesta por la Organización Mundial de la Salud	Cualitativa Ordinal	1. Leve 2. Moderado 3. Severo
Hemoglobina	Glicoproteína funcional de los eritrocitos	Resultados emitidos por el laboratorio	Cuantitativa Continua	1. Valor de laboratorio (g/dL)
Clasificación de Enfermedad Renal Crónica	Método de estadificar la progresión de la enfermedad renal crónica	Severidad de enfermedad renal crónica basado en tasa de filtrado glomerular y otros estudios	Cualitativa Ordinal	1. Estadio 1 2. Estadio 2 3. Estadio 3 4. Estadio 4 5. Estadio 5

Hematocrito	Valor que se define por la cantidad del volumen de la sangre ocupado por los glóbulos rojos	Resultados emitidos por laboratorios	Cuantitativa discreta	1. Valor de laboratorio en porcentaje
--------------------	---	--------------------------------------	-----------------------	---------------------------------------

Variables dependientes

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de Medición
Densidad	Unidades Hounsfield obtenida en un área de interés	Resultado en unidades Hounsfield obtenido por detectores del tomógrafo	Cuantitativa discreta	1. Valor obtenido por detector
Densidad intraluminal de la aorta descendente	Marcador de densidad intraluminal obtenido en aorta descendente	Valor de densidad intraluminal en aorta descendente en unidades Hounsfield	Cuantitativa discreta	1. Valor obtenido por detecto

Densidad intraluminal del ventrículo izquierdo	Marcador de Densidad intraluminal obtenido en ventrículo izquierdo	Densidad intraluminal obtenido en ventrículo izquierdo en unidades Hounsfield	Cuantitativa discreta	1. Valor obtenido por detector
---	--	---	-----------------------	--------------------------------

Covariables

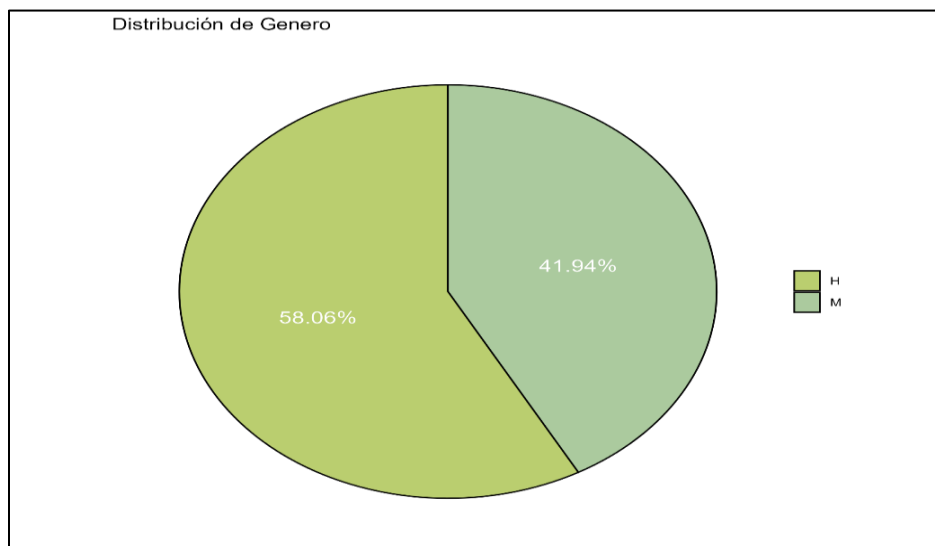
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Unidad de Medición
Edad	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento	Se obtendrá de lo expresado por el paciente en la encuesta.	Cuantitativa Discreta	1. Años cumplidos
Sexo	Conjunto de individuos que comparten esta misma condición orgánica.	Se obtendrá de lo expresado por el paciente en el formato.	Cualitativa Nominal Dicotómica	1. Masculino 2. Femenino
Antecedentes	Registro medico de salud de una persona	Los determinados por el paciente o en la hoja de referencia	Cualitativa Nominal Politómica	1. Diabetes Mellitus 2. Hipertensión Arterial Sistémica 3. Uso de eritropoyetina 4. Otros

Consideraciones éticas

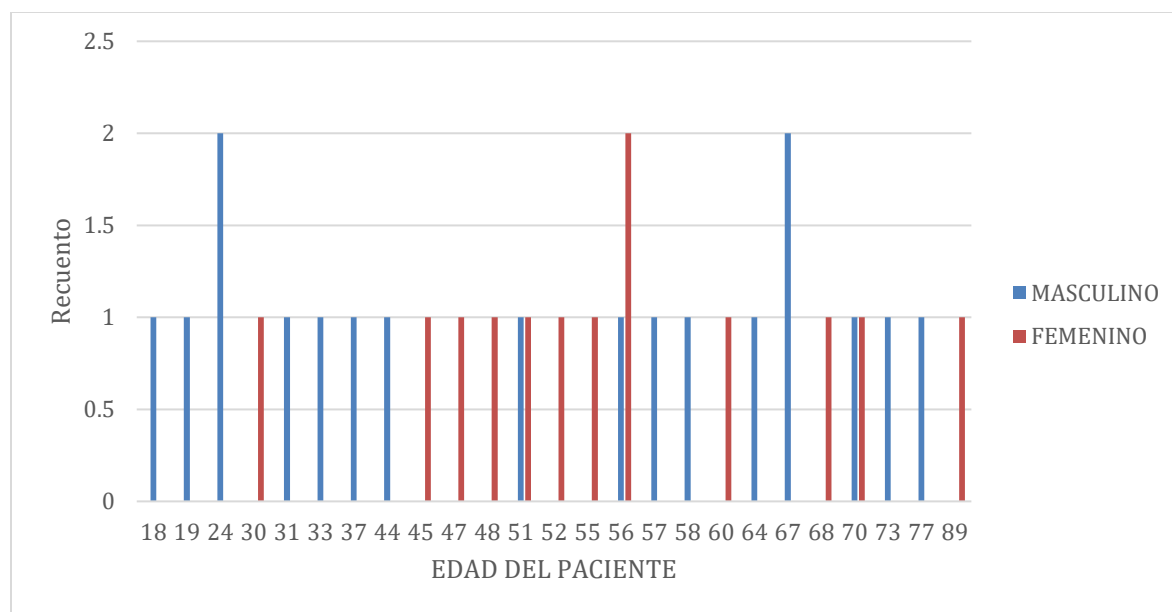
- A) Se respetarán los acuerdos y las normas éticas referentes a investigación en seres humanos de acuerdo con lo descrito en la Ley General de Salud, la declaración de Helsinki de 1975 y sus enmiendas; así como estableciendo una carta de consentimiento informado
- B) Seguiremos los lineamientos dictados por el reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud establecido en nuestro país desde 2014.
- C) Cumpliremos con la Norma Oficial Mexicana NOM-012-STPS-2012, la cual rige las condiciones para autorizar el uso de radiación de forma segura. Solo se expondrán pacientes a radiación ionizante bajo indicación de su médico o equipo médico tratante, cuando este lo considere necesario.

Resultados

La investigación contó con la participación de 31 pacientes con enfermedad renal crónica y anemia atendidos en el Hospital General de Mexicali BC, La media para edad fue de 51.2 ± 17.87 años, con un mínimo de 18 años y máximo de 89 años, siendo en su mayoría del género masculino en un 58 %, lo que se ve representado en las gráficas 1 y 2.

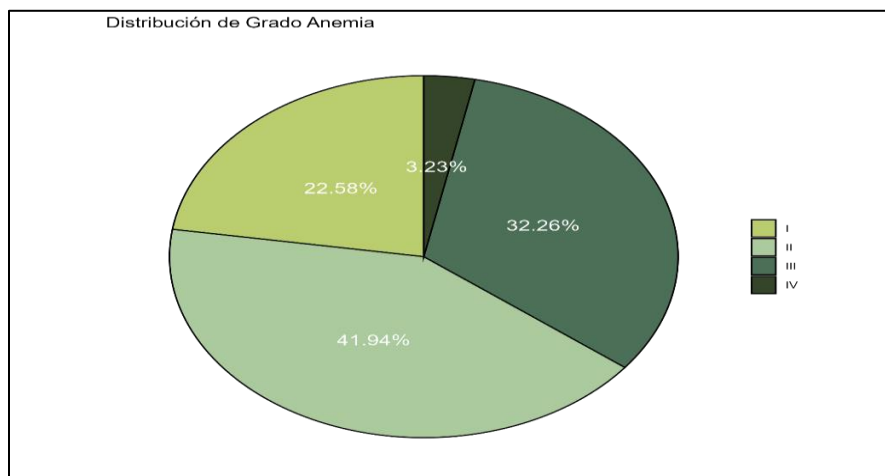


Gráfica 1. Género del paciente en porcentajes.



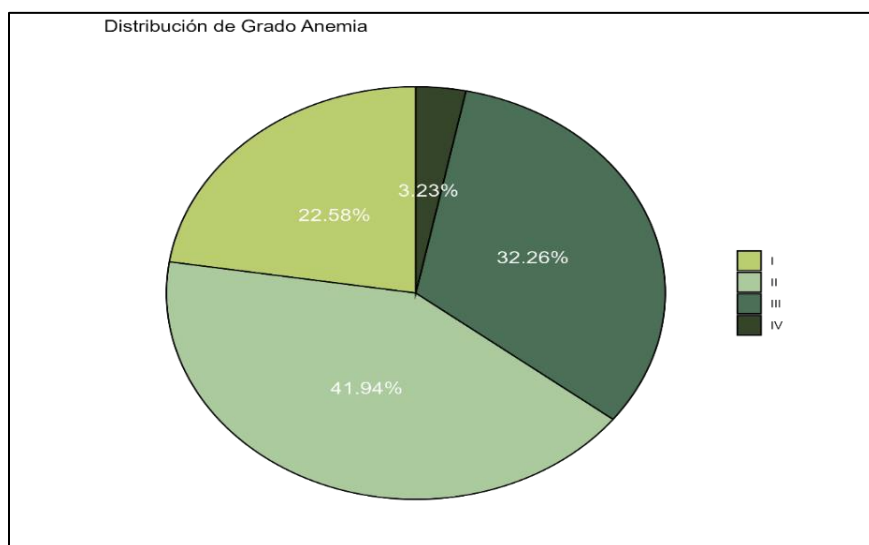
Gráfica 2. Distribución de grupos de edad y género.

En lo que respecta al grado de enfermedad renal, el grado V predominó en un 45 % que corresponde a 14 pacientes, seguido del grado IV en un 32 %, siendo el grado II menos predominante con tan solo 3%, cabe mencionar que ninguno de los pacientes estudiados contaba con enfermedad renal grado I.



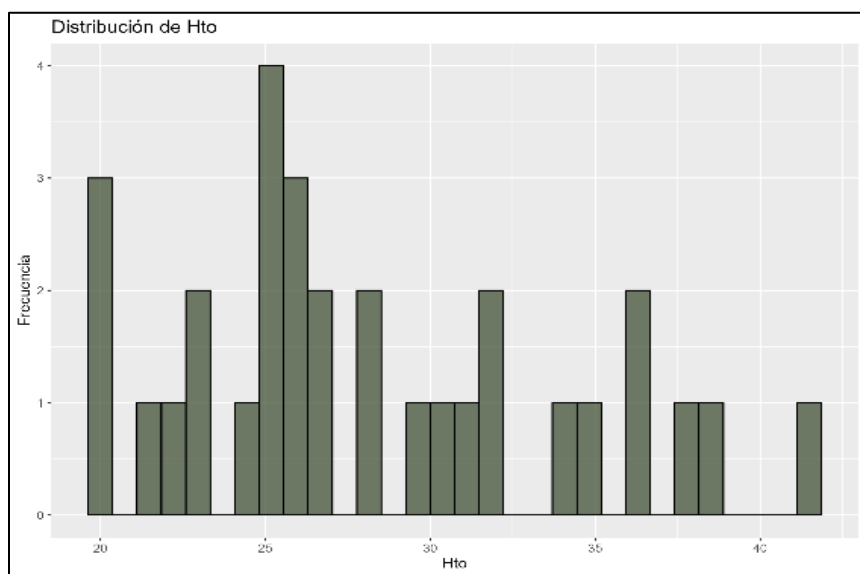
Grafica 3. Grados de enfermedad renal crónica.

Se evaluaron también los grados de anemia, obteniendo que el grado II fue el más predominante con un 38%, seguido del grado III con un 35%, seguido por grado I que corresponde al 22%. El grado IV al contar con un solo paciente consiste un 3% de la muestra recabada, como se muestra en la tabla número 1.

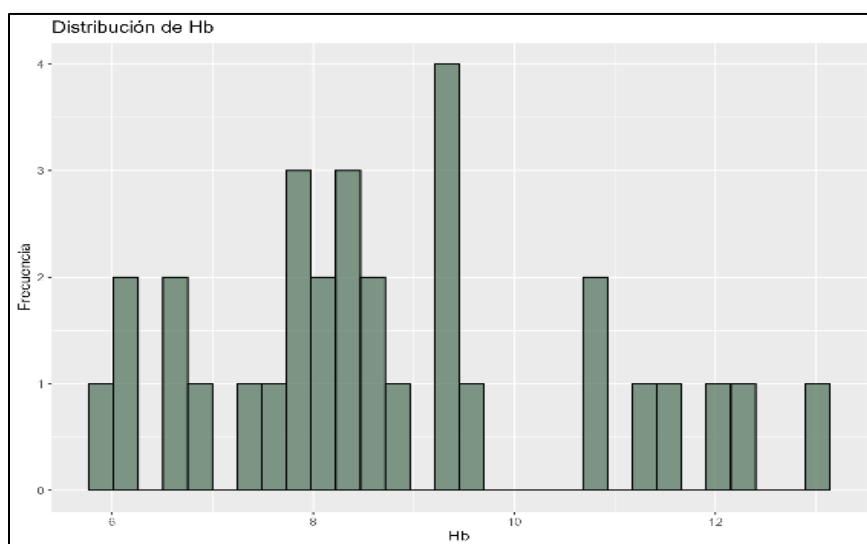


Grafica 4. Grados de anemia

En relación con el nivel de hemoglobina en los pacientes evaluados presentaron una media 8.81 mg/dl con una desviación estándar de 1.868 mg/dl; con resultados que abarcan desde 5.85 mg/dL hasta 12.97. Con respecto al hematocrito la media resulto en 28.29% con una desviación estándar de 5.85; los límites de desde 19.97 a 41.45%. La información recabada puede observarse en las gráficas 4 y 5.

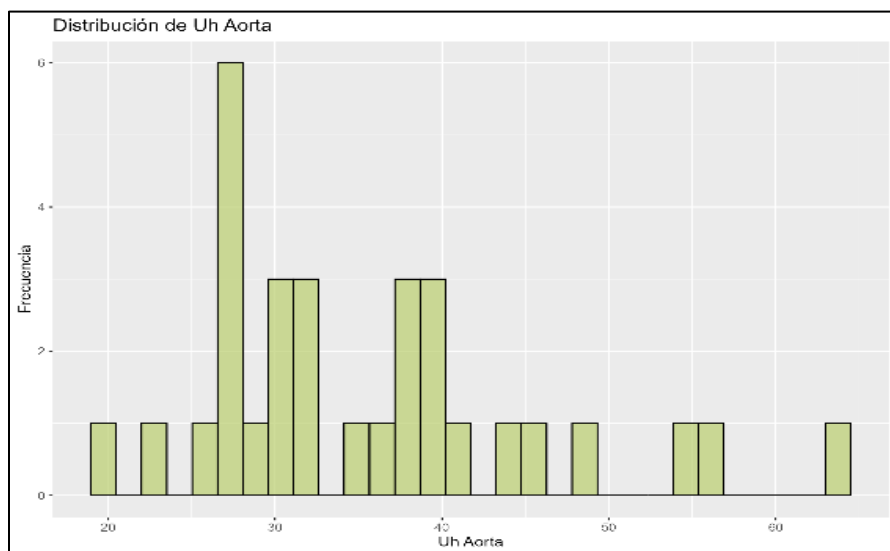


Gráfica 5. Niveles de hemoglobina.



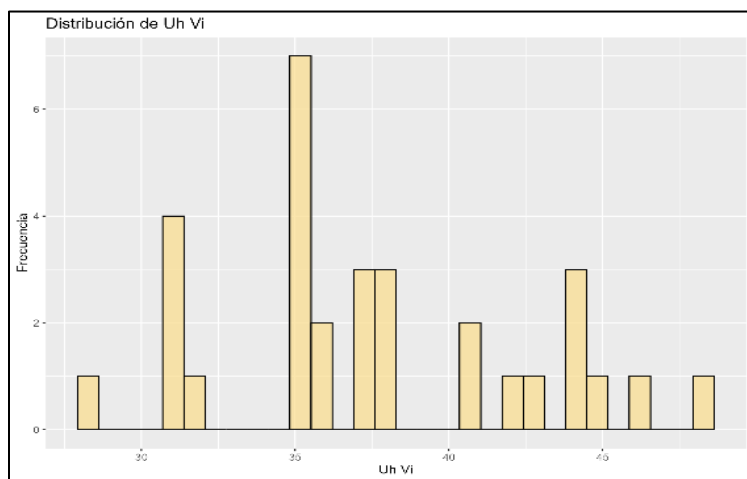
Gráfica 6. Niveles de hematocrito.

La distribución de las unidades Hounsfield dentro del lumen de la aorta presento una media de 35.65 con desviación estándar de 10.12, así como una mediana de 32. Este hallazgo mostro tener una distribución no normal.

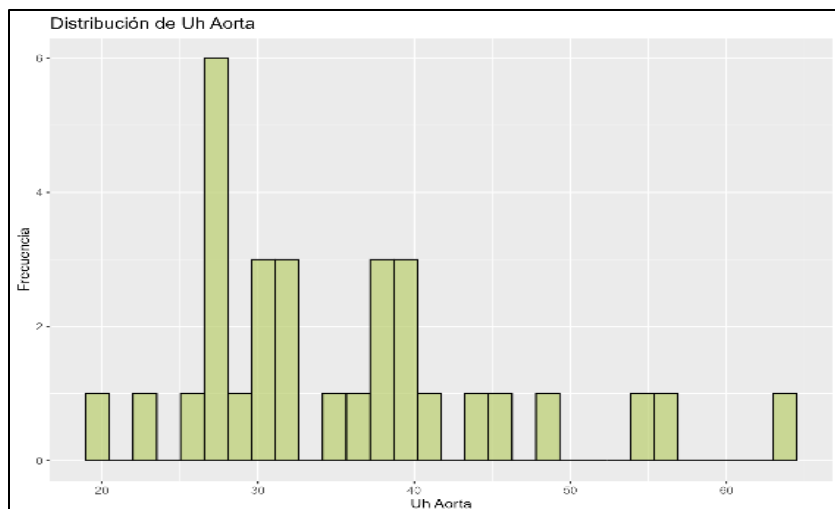


Grafica 7. Distribución de unidades Hounsfield en el lumen aórtico

A continuación, se muestran la distribución de las unidades Hounsfield en el lumen dentro del ventrículo izquierdo y la aorta descendente. Al observar el lumen dentro del ventrículo izquierdo se demuestra una densidad media de 37.54 con desviación estándar de 5.09. Con respecto a las unidades Hounsfield en la aorta se identifico una mediana de 32 con desviación estándar de 12.

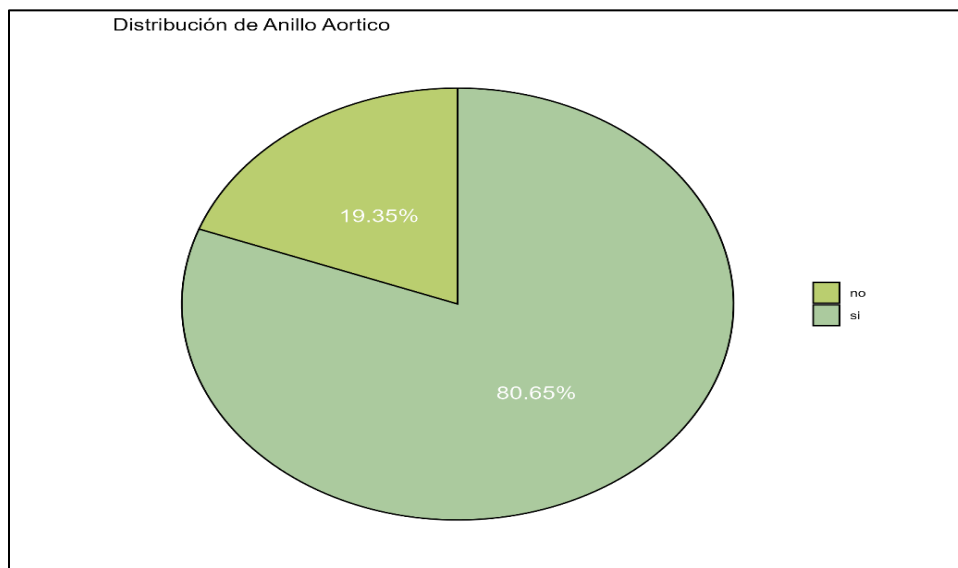


Grafica 8. Distribución de las unidades Hounsfield en el lumen del ventrículo izquierdo.

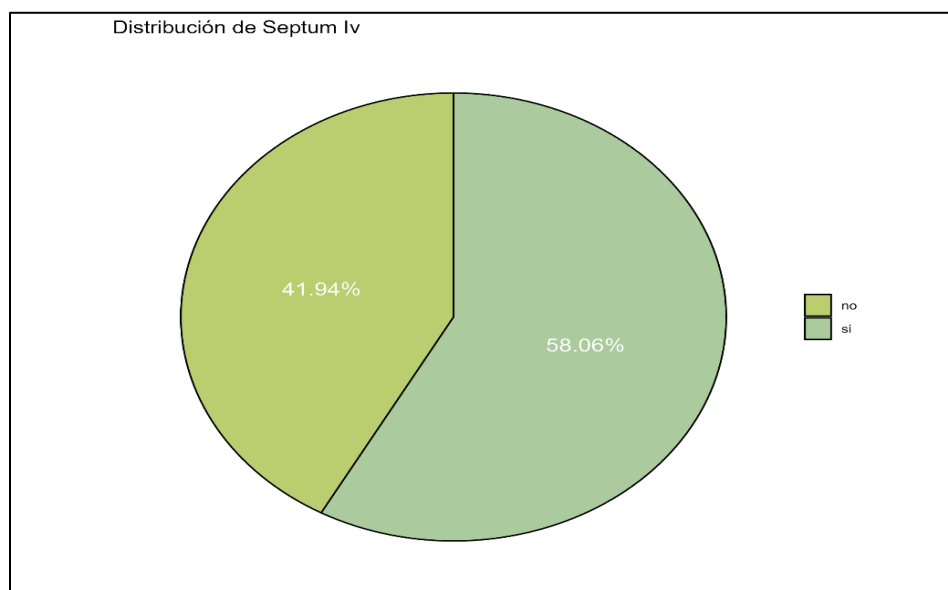


Grafica 9. Distribución de las unidades Hounsfield en el lumen de la Aorta descendente.

Se busco la existencia de los signos radiológicos del anillo aórtico hiperdenso y el septum interventricular hiperdenso encontrando que 81% de los pacientes contaban con el primer signo positivo y 19 negativo. Esta estadística contrasta con el 58% de los pacientes que presentan el signo del septum interventricular hiperdenso y 42% no lo presentan.

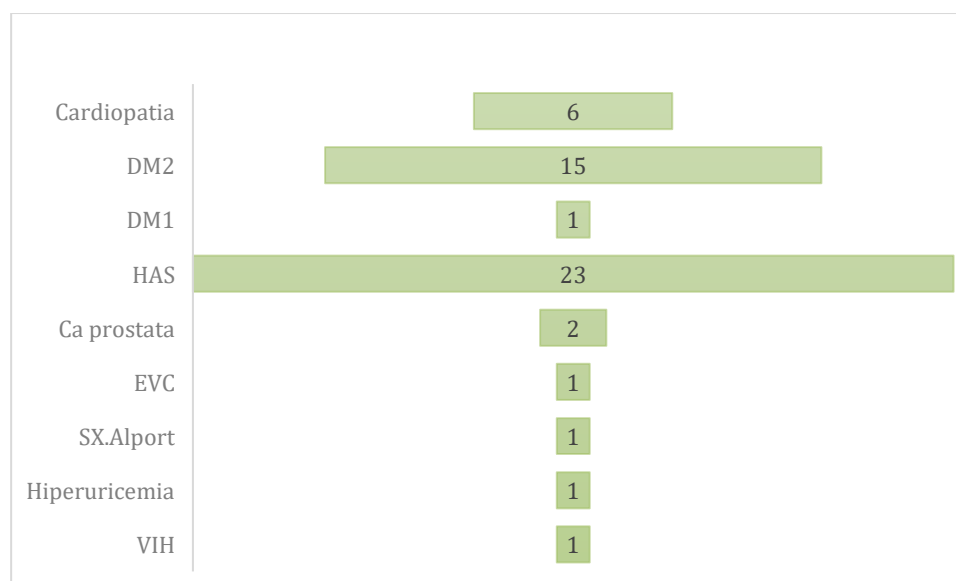


Grafica 10. Porcentajes de pacientes con signo del anillo aórtico hiperdenso.



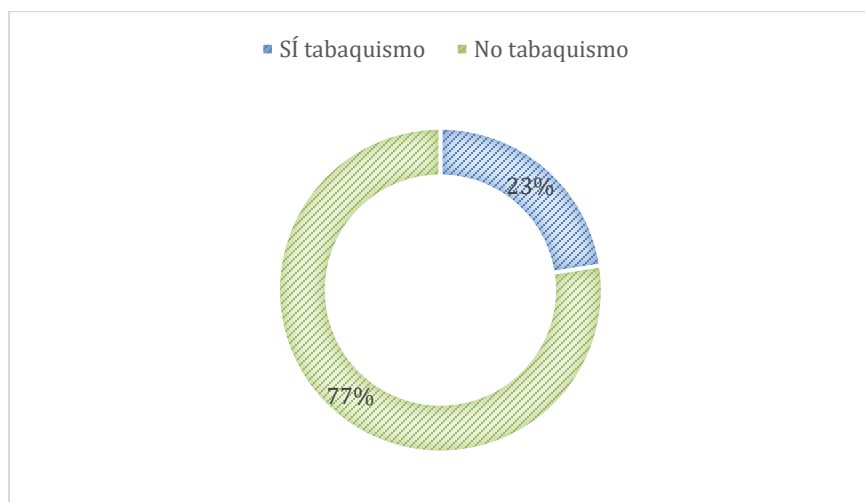
Grafica 11. Porcentajes de pacientes con el signo de septum interventricular hiperdenso.

Se evaluaron las comorbilidades de los pacientes estudiados encontrado con mayor predominancia la hipertensión arterial sistémica en un 45 % (23 pacientes), seguido de la Diabetes mellitus tipo 2 con un 29 % (15 pacientes).

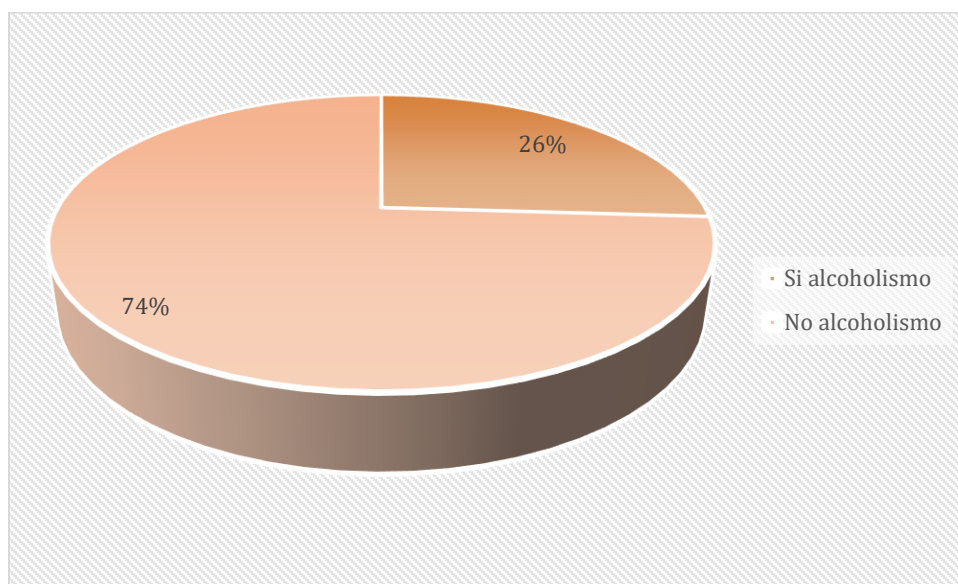


Grafica 12. Comorbilidades en los pacientes estudiados.

Se estudio también la prevalencia del alcoholismo y tabaquismo encontrando que en un 23% de los pacientes fumaba y un 26% bebía alcohol.

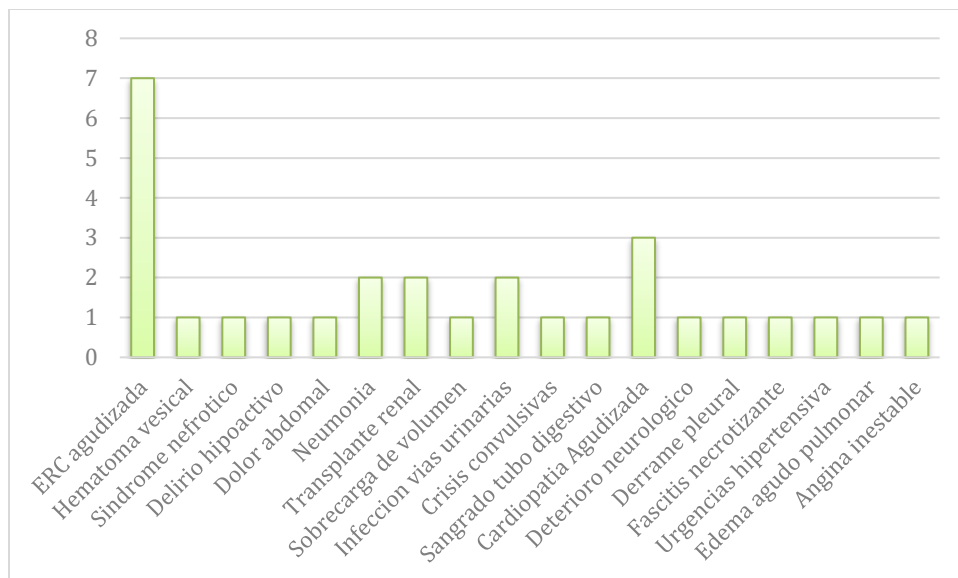


Grafica 13. Tabaquismo en los pacientes estudiados.



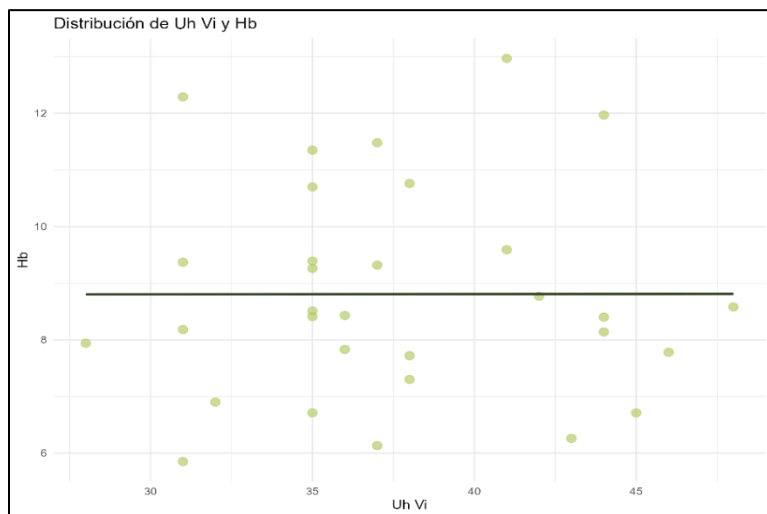
Grafica 14. Presencia de alcoholismo en los pacientes estudiados.

Se recaba los motivos de internamiento mediante el uso de la historia clínica electrónica del hospital estudiado, encontrando que la agudización de la enfermedad renal crónica y agudización de cardiopatía preexistente fueron los más comunes.

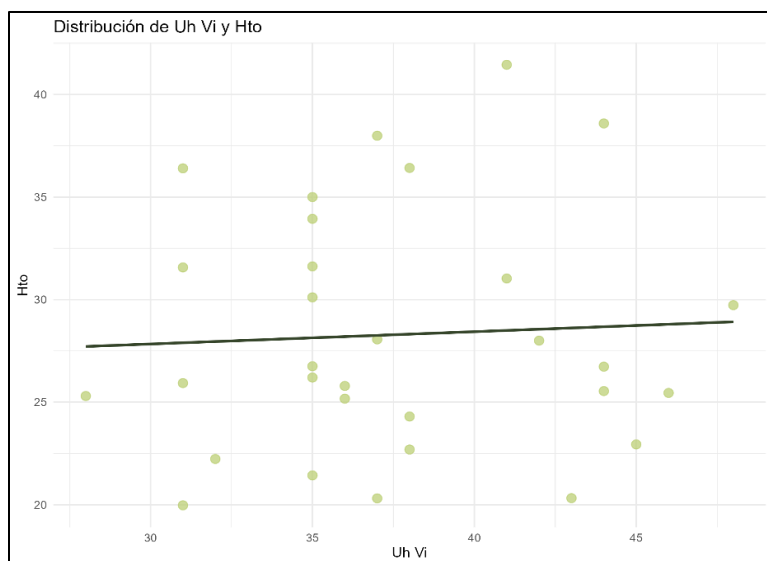


Grafica 15. Motivo de hospitalización.

Se realiza un scatter plot comparando las unidades Hounsfield dentro del ventrículo izquierdo con respecto a la hemoglobina y posteriormente con respecto al hematocrito. La relación entre estos factores se demuestran en los siguientes hallazgos.

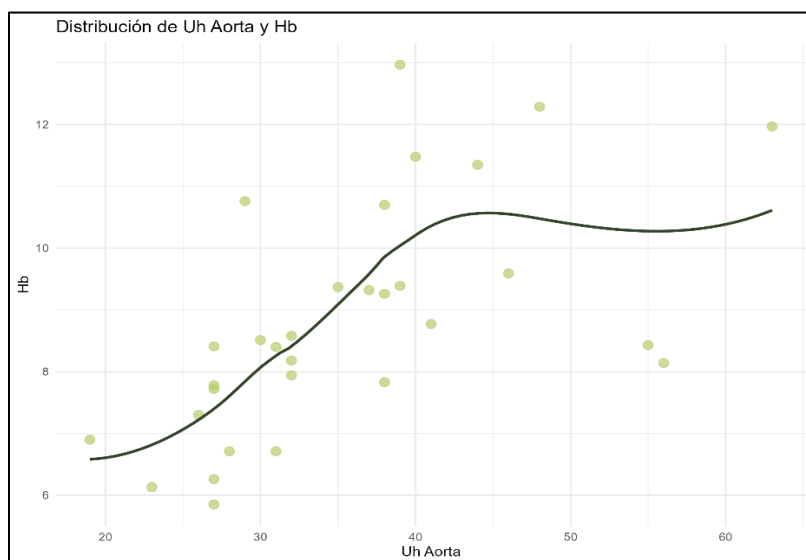


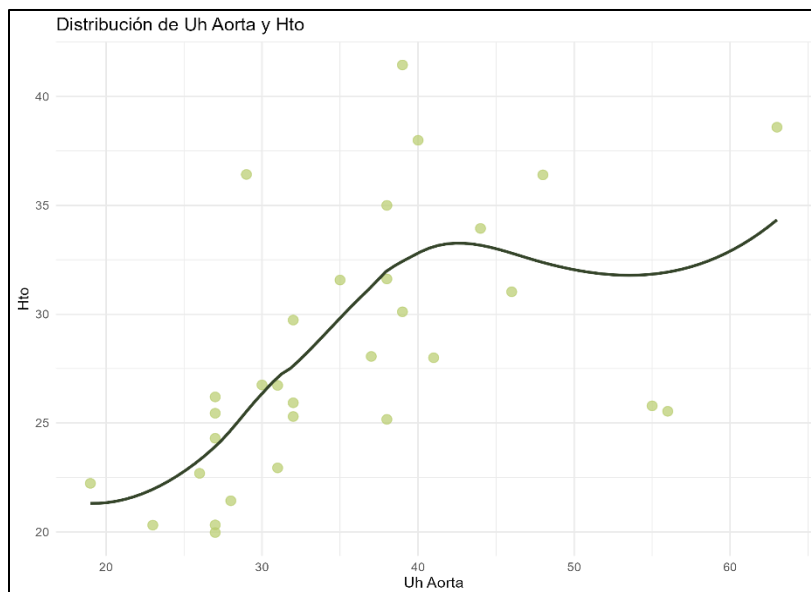
Grafica 16. distribución de unidades Hounsfield dentro del ventrículo izquierdo y con respecto a la hemoglobina



Grafica 17. distribución de unidades Hounsfield dentro del ventrículo izquierdo y con respecto al hematocrito.

Al realizar una gráfica mostrando los niveles de hemoglobina y las unidades Hounsfield dentro del lumen de la aorta en cada respectivo paciente mostrando los siguientes resultados. De igual manera se demuestra la información obtenida con los niveles de hematocrito con las unidades Hounsfield. Ambas graficas muestran resultados similares.





Grafica 19. Scatter plot comparando unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico y el nivel de hematocrito.

Al comparar las unidades Hounsfield en el lumen del ventrículo izquierdo con los niveles de hematocrito y hemoglobina estos demostraron una distribución normal, obteniendo un coeficiente de Pearson de 0.05229 (hematocrito) y 0.00123 (hemoglobina) respectivamente.

Tabla 1. Coeficiente de Pearson correspondiente a hematocrito con respecto a unidades Hounsfield intraventricular

	UH VI	Hematocrito
Coeficiente de correlación	1	0.05229
Sig. (bilateral)	.	0.78
N	31	31

Tabla 2. Coeficiente de Pearson correspondiente a hemoglobina con respecto a unidades Hounsfield intraventricular

	UH VI	Hemoglobina
Coeficiente de correlación	1	0.00123
Sig. (bilateral)	.	0.9948
N	31	31

La relación de las unidades Hounsfield con respecto a la hemoglobina y hematocrito demostraron una distribución no normal, que corresponde a una relación positiva moderada. El coeficiente con respecto a la hemoglobina es de 0.72273, mientras que con el hematocrito es de 0.67361.

Tabla 3. Correlación de Spearman de la hemoglobina con unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico.

	UH AORTA	Hemoglobina
Coeficiente de correlación	1	0.72273
Sig. (bilateral)	.	0
N	31	31

Tabla 4. Correlación de Spearman del hematocrito con unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico.

	UH AORTA	Hematocrito
Coeficiente de correlación	1	0.67361
Sig. (bilateral)	.	0
N	31	31

Discusión

El objetivo principal de este estudio fue encontrar una relación entre unidades Hounsfield con niveles de hemoglobina y hematocrito en pacientes con enfermedad renal crónica y anemia en el hospital general de Mexicali. Actualmente no existen los suficientes estudios en la población mexicana que identifiquen una relación entre las variables de Unidades Hounsfield con los niveles de hemoglobina y hematocrito; así como los signos tomográficos que sugieren anemia.

El protocolo actual intenta comprobar como el nivel de hemoglobina sérica tiene una repercusión en la medición de la de las unidades Hounsfield dentro del lumen aórtico. La escala de Hounsfield es una herramienta reconocida internacionalmente que nos muestra la densidad de tejidos en una región de interés, el cual nos da información acerca el contenido del área explorada. La hemoglobina, uno de los tejidos más densos encontrados en el cuerpo humano, es bastante característico por lo que un descenso de este debería traducirse en un cambio significativo en las unidades Hounsfield detectadas.

Los resultados que se discuten a continuación son en base a los resultados de tomografías computadas de tórax y de biometría hemática realizadas en esta unidad hospitalaria. El hallazgo principal en esta investigación es la de una relación positiva entre el promedio de las unidades Hounsfield en lumen aórtico con respecto a la concentración de hemoglobina y hematocrito. Este resultado se demostró al mostrar una p de 0, corroborando una relación positiva moderada en ambos utilizando la correlación de Spearman.

Al comparar este protocolo con la realizado por Anusha Mahalawat, Anston Vernon Braggs y Soujanya Mynalli quienes encontraron una alta sensibilidad de los signos radiológicos para sugerir anemia, así como los valores del lumen en un signo del anillo hiperdenso resulto ser el hallazgo más específico para su detección. Estos resultados son compatibles con los obtenidos en este protocolo. Lamentablemente lo mismo no corresponde a los resultados obtenidos con el signo de septum interventricular hiperdenso.

Asimismo, se utilizó como referencia la investigación de Mohammad Reza Sasani, Yaser Toloueitabar, Nahid Rezaeian en donde se intenta busca evidencia de cambios intravasculares en anemia, pero mediante una tomografía de cráneo. Cabe mencionar que, a pesar del sitio anatómico diferente estudiado por los investigadores ya mencionados, el objetivo a demostrar es prácticamente idéntica. Los hallazgos documentados por este protocolo muestran una evidente asociación entre hemoglobina y unidades Hounsfield en los senos venosos dúrales; un resultado similar obtenido por este protocolo. Dentro de sus resultados incluyeron datos adicionales como el punto de corte de 50 UH para detección de anemia; así como una fórmula matemática para predecir los niveles de Hb mediante la medición de las UH. Estos últimos dos puntos no pueden ser corroborados por nuestra investigación al presentar una metodología diferente a la nuestra.

Conclusiones

Las variables sociodemográficas la mayoría de la población son del género masculino, con edad promedio de 51 años. El estadio más común de enfermedad renal crónica es el grado V, seguido por el IV. La severidad de anemia con mayor frecuencia fue el grado II.

La media de la hemoglobina en los pacientes recabados para este protocolo fue de 8.8 g/dL, con distribución media de 1.87. Respectivamente el hematocrito presento media de 28.29 % con desviación estándar de 27.54, apreciando una mediana de 26.73.

El signo del anillo aórtico hiperdenso presento la mayor prevalencia al observarse en 25 pacientes (77.4%). El signo del septum interventricular hiperdenso se observó en 7 pacientes (22%) de los casos.

Con respecto a las unidades Hounsfield dentro del ventrículo izquierdo muestran una distribución normal con media de 37.54 UH, demostrando desviación estándar de 5.09. El hallazgo principal demostró ser las unidades Hounsfield en el lumen intravascular de la aorta descendente al documentar una distribución no normal, demostrando una correlación positiva al obtener una mediana de 32 UH con desviación estándar de 12.

Los hallazgos adicionales incluyen la prevalencia de hipertensión arterial sistémica y diabetes mellitus tipo 2 como las comorbilidades más frecuentes. El motivo de ingreso más común fue la agudización de la enfermedad renal crónica. El uso de eritropoyetina fue documentado en 7 pacientes, todos estos correspondían al estadio V.

Bibliografía


1. Anemia [Internet]. Who.int. [cited 2023 Sep 7]. Available from: <https://www.who.int/health-topics/anaemia>
2. Chronic kidney disease basics [Internet]. Cdc.gov. 2022 [cited 2023 Sep 5]. Available from: <https://www.cdc.gov/kidneydisease/basics.html>.
3. Del Marmol, Coulier B. "Black" and "White" Blood on Unenhanced CT. *Journal of the Belgian Society of Radiology*. 2019; 103(1): 16, 1–2
4. Reza Sasani M, Toloueitabar Y, Rezaeian N, Hosseini L, Zadehbagheri F, Motevalli M et. al. A New Formula for Hemoglobin Level Prediction in Non-enhanced Brain Computed Tomography Scan. *Iran J Radiol*. 2021 April; 18(2):e103789.
5. Lan H, Nishihara S, Nishitani H. Accuracy of computed tomography attenuation measurements for diagnosing anemia. *Jpn J Radiol* (2010) 28:53–57.
6. Brien J, Srichai M, Hecht E, Kim D, Jacobs J. Anatomy of the Heart at multidetector CT What the radiologist needs to know. *RadioGraphics* 2007; 27:1569 –1582.
7. Jung C, Groth M, Bley TA, Henes FO, Treszl A, Adam G, Bannas P. Assessment of anemia during CT pulmonary angiography. *European Journal of Radiology* 81(2012) 4196-4202.
8. Clemente A, Seitum S, Mantini C, Gentile G, Federici D, Barison A, Rossi A. Cardiac CT angiography normal and pathological anatomical features-a narrative review. *Cardiovasc Diagn Ther* 2020;10(6):1918-1945.
9. Black D, Rad A, Gray L, Campeau N, Kallmes D. Cerebral Venous Sinus Density on Noncontrast CT Correlates with Hematocrit. *AJNR Am J Neuroradiol* 2011, 32 (7) 1354-1357.
10. Zhang J, Wu M, Huang J, Li S, Ye Z. Comparison between thoracic low-dose computed tomography and conventional-dose computed tomography in evaluating anemia A preliminary study in a Chinese screening cohort. *Front. Cardiovasc. Med*. 9:987753.
11. Lamba R, McGahan J, Corwin M, Li CS, Tran T, Siebert J, Boone J. CT Hounsfield Numbers of Soft Tissues on Unenhanced Abdominal CT Scans Variability

- Between Two Different Manufacturers MDCT Scanners. *AJR* 2014; 203:1013–1020.
12. Corcoran H, Cook D, Proto A. Diagnosis of anemia on computed tomography scans of the thorax. *CT: THE JOURNAL OF COMPUTED TOMOGRAPHY* 1988; 12:116-121.
 13. Bolus D, Morgan D, Lincoln Berland. Effective use of the Hounsfield unit in the age of variable energy CT. *Abdom Radiol* (2017) .
 14. Wazzan M, Abduljabbar A, Ajlan A, Khashoggi K, Eskandar A, Alhazmi T, et al. Enhancement of anemia detection by correlating computed tomography findings of abdominal aorta and inferior Vena Cava with laboratory investigations. *Cureus*. 2022.
 15. Abbasi B, Seyed Hosseini M, Moodi Ghalibaf A, Akhavan R, Emadzadeh M, Bolvardi E. Evaluating anemia on non-contrast thoracic computed tomography. *Sci Rep*. 2022;12(1).
 16. Zopfs D, Rinneburger M, Pinto dos Santos D, Reimer RP, Laukamp KR, Maintz D, et al. Evaluating anemia using contrast-enhanced spectral detector CT of the chest in a large cohort of 522 patients. *Eur Radiol*. 2021;31(6):4350–7.
 17. Coulier B, Van den Broeck S, Deprez FC. Extreme anemia causing unusual “black-out” of the cerebral vessels on non-contrast brain CT. *Clin Neuroradiol*. 2015;25(2):197–9.
 18. Title RS, Harper K, Nelson E, Evans T, Tello R. Observer performance in assessing anemia on thoracic CT. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(5):1240–4.
 19. Zhou Q-Q, Yu Y-S, Chen Y-C, Ding B-B, Fang S-Y, Yang X, et al. Optimal threshold for the diagnosis of anemia severity on unenhanced thoracic CT: A preliminary study. *Eur J Radiol*. 2018;108:236–41.
 20. Mahalawat A, Braggs AV, Mynalli S. Prediction of anaemia using unenhanced Computed Tomography of thorax: A cross-sectional study. *Int J Anat Radiol Surg*. 2021.

21. Harrison L, Shasha D, Shiao L, White C, Ramdeen B, Portenoy R. Prevalence of anemia in cancer patients undergoing radiation therapy. *Semin Oncol.* 2001;28(2F):54–9
22. Riva E, Colombo R, Moreo G, Mandelli S, Franchi C, Pasina L, et al. Prognostic value of degree and types of anaemia on clinical outcomes for hospitalised older patients. *Arch Gerontol Geriatr.* 2017;69:21–30.
23. Chaudhry AA, Gul M, Chaudhry A, Sheikh M, Dunkin J. Quantitative evaluation of noncontrast computed tomography of the head for assessment of anemia. *J Comput Assist Tomogr.* 2015;39(6):842–8.
24. Kamel EM, Rizzo E, Duchosal MA, Duran R, Goncalves-Matoso V, Schnyder P, et al. Radiological profile of anemia on unenhanced MDCT of the thorax. *Eur Radiol.* 2008;18(9):1863–8.
25. Ananthakrishnan L, Rajiah P, Ahn R, Rassouli N, Xi Y, Soesbe TC, et al. Spectral detector CT-derived virtual non-contrast images: comparison of attenuation values with unenhanced CT. *Abdom Radiol (NY).* 2017;42(3):702–9.
26. Grobe Hokamp N, Maintz D, Shapira N, Chang DH, Noël PB. Technical background of a novel detector-based approach to dual-energy computed tomography. *Diagn Interv Radiol.* 2020;26(1):68–71.
27. Bruni SG, Patafio FM, Dufton JA, Nolan RL, Islam O. The assessment of anemia from attenuation values of cranial venous drainage on unenhanced computed tomography of the head. *Can Assoc Radiol J.* 2013;64(1):46–50.
28. Chávez-Amador AJ, Rodríguez-Palomares LA, Mora-Magaña I, Salazar-Segovia J, Villa-de la Vega MIJ. Utilidad diagnóstica del signo del «anillo aórtico» y las unidades Hounsfield para identificar anemia en una tomografía abdominopélvica simple. *Rev An Radiol Méx.* 2020;19(4).
29. Webster AC, Nagler EV, Morton RL, Masson P. Chronic kidney disease. *Lancet.* 2017;389(10075):1238–52.
30. Salvador González B, Rodríguez Pascual M, Ruipérez Guijarro L, Ferré González A, Cunillera Puertolas O, Rodríguez Latre LM. Enfermedad renal crónica en Atención Primaria: prevalencia y factores de riesgo asociados. *Aten Primaria.* 2015;47(4):236–45.

31. Radiopaedia.org. [cited 2023 Sep 5]. Available from: <https://radiopaedia.org/articles/chronic-kidney-disease>.
32. Shaikh H, Hashmi MF, Aeddula NR. Anemia of chronic renal disease. StatPearls Publishing; 2023.

Anexo 1: Acta de aprobación del Comité de Ética en Investigación

	Comité de Ética en Investigación del Hospital General de Mexicali	CEI-HGMXL-ISESALUD
Unidad Administrativa: Departamento de Enseñanza e inv.		Área Responsable: Comité de Enseñanza e Investigación

Asunto: **Dictamen de Protocolo de Investigación**
Mexicali, Baja California, a 06 de noviembre de 2024

DR. RUBÉN ÁLVAREZ CARRILLO
INVESTIGADOR PRINCIPAL
P R E S E N T E .-


Por medio de la presente, nos complace informar que el protocolo "CONCORDANCIA ENTRE LA ESCALA DE ASPECTS Y EL RIESGO DE SANGRADO INTRA-AXIAL POSTROMBOLISIS EN PACIENTES CON ACCIDENTE CEREBROVASCULAR ISQUÉMICO EN ESTADIO HIPERAGUDO POR TOMOGRAFÍA COMPUTADA", presentado ante el Comité de Ética en Investigación del Hospital General de Mexicali fue

APROBADO

Por lo cual se le asignó el siguiente número de Registro:

02-01-HGMXL/CEI/2024-26

ATENTAMENTE


DRA. MARLENE VANESSA SALCIDO REYNA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN

Anexo 2: Consentimiento informado

Consentimiento informado para participar en un estudio de investigación médica.

Título del protocolo: **RELACIÓN ENTRE UNIDADES HOUNSFIELD CON NIVELES DE HEMOGLOBINA Y HEMATOCRITO EN PACIENTES CON ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA Y ANEMIA EN EL HOSPITAL GENERAL DE MEXICALI**

Investigadores: Dr. Eduardo Alvarado Vasquez. Dr. Cristian German Malvido Torres

Sede: Hospital General de Mexicali

Se le invita a participar en este protocolo de investigación médica. Previo a decidir si participará debe conocer y comprender que se está haciendo y el porqué. Una vez aclarando cualquier duda que presente, firmará este documento llamado consentimiento informado. Usted puede preguntar sobre cualquier aspecto y en caso de considerarlo conveniente puede dejar de participar en el momento que lo desee.

Objetivos del estudio

La meta de este protocolo de investigación es encontrar evidencia que permita la detección temprana o evidencia que sugiere la presencia de anemia en pacientes con su padecimiento. Los hallazgos encontrados como resultado de este protocolo permitirán una evaluación más completa de los pacientes y posiblemente extenderse a otro grupo de enfermedades.

Procedimiento del estudio

Si reúne las condiciones para participar en este protocolo y decide aceptar, los pasos a seguir son:

1. Se tomará información médica de su expediente clínico, exclusivamente necesario para realizar la investigación. (Edad, fecha de nacimiento, diagnósticos clínicos, resultados de biometría hemática)

2. Se realizará una tomografía computada de tórax sin contraste el cual será interpretado por un médico radiólogo, con previa indicación de su médico tratante, con el fin de evitar el uso indiscriminado de radiación ionizante
3. Su resultado será codificado de acuerdo con el número que se le asigne en el estudio. Por lo tanto, quien tenga acceso a la información que brinde no podrá acceder a sus datos personales.

Aclaraciones

Su participación es voluntaria, por lo que puede decidir no ser parte de la investigación en el momento que considere apropiado. No recibirá compensación de ningún tipo. El material y la logística serán otorgados por el equipo de investigación y/o el Hospital General de Mexicali, por lo que no habrá gasto alguno. Toda información recopilada durante el estudio será estrictamente confidencial, solamente accesible al grupo de investigadores y al comité de investigación. Debido a la naturaleza del estudio la exposición a radiación ionizante es inevitable, por lo que su médico tratante debe indicar el estudio previo a ser considerado/a unirse a la investigación.

Al firmar el consentimiento informado doy permiso que mi información o la de mi familiar se utilice con fines exclusivamente investigativos, así como permitir la realización del estudio de tomografía. Doy por entendido que se explicaron los pasos a seguir y no cuento con dudas acerca del protocolo actualmente, además de ser libre de contactarme con el investigador principal para la aclaración de cualquier duda.

_____	_____	_____
Nombre del Paciente y/o	Firma	Fecha
_____	_____	_____
Testigo Imparcial	Firma	Fecha
_____	_____	_____
Persona que condujo el proceso de consentimiento	Firma	

Anexo 3: Captura de datos

Nombre del paciente:

Edad:

Sexo:

Hemoglobina:

Hematocrito:

Grado de enfermedad renal crónica:

Motivo de Hospitalización:

Comorbilidades:

Uso de eritropoyetina:

Antecedentes médicos relevantes: _____

Densidad dentro del ventrículo izquierdo:

Densidad en la luz de la aorta descendente:

El diagnóstico de enfermedad renal crónica se define como filtrado glomerular menor a 60 mL/min/1.73m² o marcadores de daño renal, por una duración de al menos 3 meses independiente de la causa.

Dentro de la progresión natural de la enfermedad se encuentra un componente clave vinculado a la morbi-mortalidad en esta población, la disminución de la eritropoyetina.